

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-195191

(P2000-195191A)

(43)公開日 平成12年7月14日 (2000.7.14)

(51)Int.Cl.  
G 11 B 20/14  
20/10

識別記号  
3 5 1  
3 2 1

F I  
G 11 B 20/14  
20/10

マークド(参考)  
3 5 1 A 5 D 0 4 4  
3 2 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-372743

(22)出願日 平成10年12月28日 (1998.12.28)

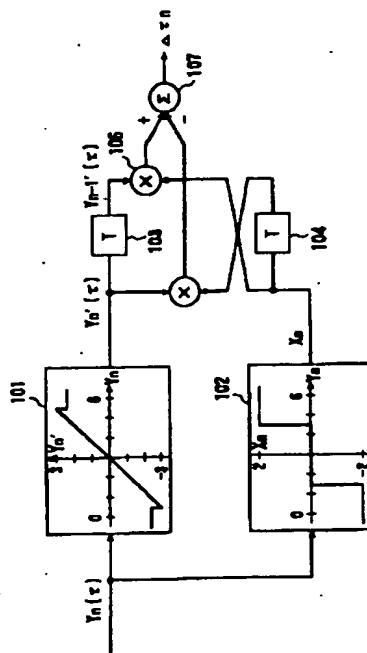
(71)出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
(72)発明者 国本 直  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内  
(74)代理人 100058479  
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)  
F ターム(参考) 5D044 B003 B006 CC04 FG02 FG06  
FG07 GL31 GM14 GM15

(54)【発明の名称】ディスク記憶装置の信号処理回路および信号処理方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は、等化後の振幅レベルが5~7値になるP Rクラスにおいても、離散時間でサンプルされた振幅値から位相誤差勾配を検出することで、データとクロックの位相同期が容易になるディスク記憶装置の信号処理回路を提供する。

【解決手段】 5ないし7レベルの値をとるサンプル点のうち、等化波形の勾配が緩慢な最大レベルと最小レベルをクリップする波形値変換器101と、このクリップされた波形に対応する理想等化振幅値と勾配が緩慢な中間レベルに同一の理想等化振幅値をあたえる波形変換器102を用い、現時点と1クロック前の値から位相誤差勾配を検出し、クロックの位相をデータと同期させる。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスクから読み出した再生信号を検出して復号化するディスク記憶装置の信号処理回路において、

前記再生信号波形を増幅する前置増幅器と、前記前置増幅器の出力を入力として、信号波形の信号帯域外の雑音を低減させる為の帯域制限フィルタ手段と、前記帯域制限フィルタ手段の出力を入力として、所定のクロック周期でサンプリングしてデジタル信号に変換するA/D変換器と、前記A/D変換器により変換されたデジタル信号を入力して、パーシャルレスポンスのクラスに合致した波形に等化する波形等化手段と、データの検出を実行する手段と、前記波形等化手段の出力を入力とし、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出する手段と、前記位相誤差勾配をフィルタリングする手段と、フィルタリングされた前記位相誤差勾配で制御される電圧制御発振器とにより構成され、

前記パーシャルレスポンスのクラスは、等化後の理想振幅値のレベルが5ないし7となるように設定され、前記位相誤差の勾配を検出する手段は、前記波形等化手段の出力を入力として、波形の振幅値を変換する第1および第2の変換器と、前記第1および第2の変換器の出力をそれぞれ1サンプリング周期遅らせる第1および第2の遅延器と、前記第1の変換器の出力と前記第2の遅延器の出力を乗算する第1の乗算器と、前記第2の変換器の出力と前記第1の遅延器の出力を乗算する第2の乗算器と、前記第1の乗算器と前記第2の乗算器の出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau n$ を出力する加算器とから構成され、

前記第1の変換器は、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、前記第2の変換器は、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第1の変換器で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第1の変換器で最大レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力することを特徴とする記憶装置。

【請求項2】 ディスクから読み出した再生信号を検出して復号化する信号処理方法において、等化後の理想振幅値のレベルが5ないし7となるパーシ

ャルレスポンスのクラスに合致した波形にデジタル再生信号を等化するステップと、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出するステップと、前記位相誤差勾配をフィルタリングするステップと、フィルタリングされた前記位相誤差勾配に応じてチャネルクロックの位相を制御するステップと、前記チャネルクロックに応答して前記クラスに等化した再生信号波形からデータを検出するステップと、検出されたデータを復元するステップとにより構成され、前記位相誤差の勾配を検出するステップは、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力して等化波形の振幅値を変換する第1変換ステップと、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第1の変換で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第1の変換で最大レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力して等化波形の振幅値を変換する第2変換ステップと、前記第1および第2の変換により得られる出力をそれぞれ1サンプリング周期遅らせる第1および第2の遅延ステップと、前記第1の変換ステップの出力と前記第2の遅延の出力を乗算する第1乗算ステップと、前記第2の変換の出力と前記第1の遅延の出力を乗算する第2乗算ステップと、前記第1および第2の乗算ステップで得られる出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau n$ を出力する加算ステップとを含むことを特徴とする信号処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、記録媒体としてディスクを使用し、光学的、磁気的または光磁気的なデータの記録再生を行うディスク記憶装置に関し、特にデータ再生動作に使用する信号処理回路および信号処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光学的、磁気的または光磁気的な記録媒体にデータ・パターンを記録する記憶装置の再生信号処理系は、一般に記録媒体から再生ヘッドにより読み出された再生信号を増幅し、さらに波形等化器で再生信号波形を等化した後、データ検出器に入力してデータ識別を行い、デコーダで復号を行うことにより再生データを得

る構成となっている。即ち、波形等化器で、データが記録チャネルを通過した結果生じた歪みが補正され、信号の検出誤り率が許容範囲内に押さえられ、データ検出器で、波形のピーク位置や、微分してゼロクロス点が求められる。近年のPRML (Partial Response Maximum Likelihood) 信号処理方式では、信号の前後の相関を利用してシーケンスとして検出する方式等が使われている。データを検出するためには、データが記録された間隔、すなわちチャネルクロックの周波数とその位相情報を必要である。このチャネルクロックは、再生された信号から、フェーズロックループ (PLL) を使ってリカバリ (回復) される。

【0003】記録媒体に記録されたデータには、PLLを引き込むために、データを記録するクロックの整数倍の单一繰り返しデータパターンで信号が記録されたSYNC領域がデータの最初の部分にある。波形等化後のSYNC信号のピーク位置、あるいは特定の閾値を信号が横切る位置が検出され、このタイミングでPLLを引き込むことで、記録されたデータの周波数と位相に同期させることができる。以後のデータは、この同期させたクロックを使用して検出を行うが、ディスクの回転数の変動などで、データのはじめの部分と後の部分では、その位相は必ずしも合っていない。そこで、データの再生中も、データの検出タイミングとPLLによる再生クロックの位相のずれをPLLにフィードバックして、データ部分での位相のドリフトにもクロックを追従させる。

【0004】SYNC領域は一周波数であるので、高品位の位相信号が得られるが、データ部分は複雑な波形であるため、位相差の検出できる位置も少なく、波形干渉の影響でその品位も低い。PLLは、通常、SYNC領域では、“引き込みモード”といって、高速に周波数を引き込み、その位相に追従するが、データ領域では、“トレースモード”というPLLのループゲインを低く抑えた動作に移行する。トレースモードでは、回転変動のような緩やかな周波数変動には追従するが、ノイズや波形干渉などによるピット単位の急激な変動には追従しない。PRML信号処理方式では、再生信号を等化器への入力前に、A/Dコンバータを使用して、離散時間で量子化する場合が多い。この場合の、A/Dコンバータへのサンプリングクロックも、PLLを使ってリカバリしたチャネルクロックが使用される。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】図11に、PRML信号処理で多用されるような離散時間で再生信号をサンプリングするのではなく、連続時間で閾値を検出し、データの検出を行う光ディスク装置の信号が示されている。

【0006】記録されるべきユーザデータは、0と1のランダムな組み合わせのデータ列であるが、記録媒体に記録するには、図11 (a) に示すような1と1の間の0の数が特定の範囲に制御されるランレンジス制限 (R

L) 符号に変調される。データの書き込み信号は、マークエッジ記録の場合、データ (a) が1の位置でon/offをトグルさせた信号 (b) になり、その結果、媒体上には、マーク (c) が記録される。このマーク (c) を読み出した場合の再生信号 (d) は、は微分回路に通されることで、微分波形 (e) が得られる。微分波形 (e) のピークは、データ (a) のRLL符号で変調されたデータの1の位置に対応する。

【0007】SYNC領域の信号を使ってPLL回路でリカバリされたチャネルクロックが (g) であったとすると、このクロック (g) をもとに、データ検出ウインドウ (f) を作ることができる。検出ウインドウ (f) 内に微分波形のピークがあれば1、ピークがない場合には0を出力するようにすれば、検出データ (h) が求まる。これは、データ (a) がRLL符号データであるから、これを復号回路に通せば、記録されたユーザデータを復元できる。

【0008】再生信号の位相とチャネルクロックの位相が一致している場合には、微分信号 (e) のピークは、検出ウインドウ (f) の中央に位置していて、検出ウインドウ (f) 内にピークがあるか否かを検出するのは容易であるが、位相がずれると、微分信号 (e) のピーク位置が検出ウインドウ (f) の端の方にずれてゆき、最後には隣のウインドウに入ってしまって検出誤りを起こす。そこで、図12に示すように、微分波形のピーク位置とチャネルクロックとの位相差をPLLの位相比較器で検出し、チャージポンプで電圧値に変換し、その結果で電圧制御発振器 (VCO) を制御する。これにより、再生信号とPLLでリカバリされるクロックの位相を一致させることができる。

【0009】このような方式では、マークのエッジが、検出ウインドウ内の時間で立ち上がってないと検出誤りを起こしやすい。記録密度を上げていくと、媒体の周波数応答特性の影響でエッジの立ち上がりが緩慢になる。これをより急峻な立ち上がりに補正するためには、等化器では高周波特性を持ち上げる必要がある。しかしながら、この補正は、高域の雑音成分を持ち上げるためにS/Nが悪化する。よって、こうした信号処理方式では高密度化には限界がある。

【0010】これを克服するための方式の一つが、PRML信号処理方式である。PRMLでは、あるビットに対する応答波形の影響が隣接または複数のビットに及ぶことを許容するので、信号の周波数帯域を上げずに、より高密度な記録ができる。そのかわりに、複数ビットへの影響の度合いはPRクラスにより決められた値に制御される必要がある。ビット相互の干渉の度合いが制御されているので、閾値では検出できないような緩慢な変化を持つ波形も、波形のシーケンスで最尤検出 (ML検出) することで誤りなくデータを検出することができる。

【0011】図13は、図11と同じデータ列が、PRML方式ではどうなるかを示している。図13のデータ(c)は、チャネルクロック毎の書き込み信号がon場合を1、offの場合を0としたビット列である。今仮に、PRのクラスを(d)に示したように(1, 2, 2, 1)であると仮定する。このPR等化では、書き込みビットが1である場合にチャネルから再生される応答波形が(d)のようであることを意味し、書き込みビット列(c)に対応する再生波形は、(e)に示すように、各ビットの応答波形の重ねあわせとして表され、(f)のような波形が得られる。

【0012】このようにPR等化の場合、PR等化器により制御され、ML検出器の入力として用いられるのは、サンプリングの時点における振幅値である。よって、PRML信号処理では、再生信号を等化器に入力する前に、A/Dコンバータにより、チャネルクロックごとの離散時間で量子化された振幅値系列に変換し、以後デジタル回路で処理する場合がほとんどである。PRML信号処理方式の光ディスク装置に使用されるPLLの位相誤差検出器では、等化器出力信号は時間方向に離散化されているので、図11を用いて説明した方法のように、データの位相とPLLによりリカバリされるチャネルクロックの位相を直接比較することは出来ない。サンプリングされた振幅値のずれを位相誤差に変換する必要がある。

【0013】例えば、米国特許4, 890, 299には、振幅値のずれを位相誤差に変換する手法と構成方法が開示されている。現在の振幅値と1ないし2サンプル前の振幅値とそれらに対応する理想等化振幅値から、位相誤差がプラス/マイナスにどれくらいの勾配を持っているかを算出している。ただし、ここで開示されているのは、PR等化後の再生波形の理想値が、3レベルになる場合においてである。記録密度が上がってくると媒体の周波数特性が相対的に不足してくるため、PRのクラスを上げる必要があるが、これらのクラスは、波形が相互に干渉するサンプル点数が多くなるため、波形の等化後の振幅レベルが多くなり、3レベルを仮定した方法では位相誤差の検出ができない。

【0014】PR等化後の波形の値がいくつのレベルに別れるかは、PRのクラスと変調方式に依存する。図13の例のように、PRクラスとして(1, 2, 2, 1)を、変調方式に、1と1の間の0数の最低個数(d制約)が2個に制限されるRLL(2, 7)を用いた場合には、0, 1, 3, 5, 6の5レベルとなる。また、PRクラスは同じ(1, 2, 2, 1)でも、変調方式に、d制約が1個に制限されるRLL(1, 7)を用いた場合やd制約が0の場合には、0, 1, 2, 3, 4, 5, 6の7レベルとなる。但し1と1の間の0数の最大個数(k制約)がいずれも4以上であるとする。

【0015】このように、PR等化後の波形値のレベル

が5ないし7のPRクラスの場合には、米国特許4, 890, 299の手法では、波形振幅値から位相誤差勾配を算出することは出来ない。ただし、SYNC領域に限っていえば、単純パターンの繰返しであるからPR(1, 2, 2, 1)を使用しても、3レベルにすることは可能である。例えば、書き込みビット列が、図14のデータパターン(c)ならば再生波形(f)は、1, 3, 5の3レベルしかとらないので、米国特許4, 890, 299の手法が応用可能である。同特許にも、ランダムデータ領域では、5レベルをとるがSYNC領域では3レベルであるEPR4のSYNC検出が例として記述されている。

【0016】本発明は、このような問題を解決し、PR等化後の波形値のレベルが5ないし7のPRクラスの場合にも、ユーザデータ領域での再生されたデータとリカバリされたチャネルクロックの同期制御を可能とし、高容量で高信頼性が得られる記憶装置を提供することを目的とする。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、位相誤差の勾配を、以下の構成により求めることにより、PR等化後の波形値のレベルが5ないし7のPRクラスの場合にも、データに同期したチャネルクロックをリカバリできることを特徴とする記憶装置を提供する。即ち、サンプルクロック周期nの時点で位相誤差 $\tau$ を持った振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力とし、出力 $Y'_n$ を出力する第1の変換器と、サンプルクロック周期nの時点で位相誤差 $\tau$ を持った振幅値 $Y_{n-1}(\tau)$ を入力とし、出力 $X_n$ を出力する第2の変換器と、第1の変換器の出力を1サンプリング周期遅らせる第1の遅延器と、第2の変換器の出力を1サンプリング周期遅らせる第2の遅延器と、第1の変換器の出力と第2の遅延器の出力を乗算する第1の乗算器と、第2の変換器の出力と第1の遅延器の出力を乗算する第2の乗算器と、第1の乗算器と第2の乗算器の出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta\tau_n$ を出力する加算器とから構成される位相誤差勾配検出回路により、位相誤差勾配が求められる。

【0018】即ち、本発明は、再生信号波形を増幅する前置増幅器と、前置増幅器の出力を入力として、信号波形の信号帯域外の雑音を低減させる為の帯域制限フィルタ手段と、帯域制限フィルタ手段の出力を入力として、所定のクロック周期でサンプリングしてデジタル信号に変換するA/D変換器と、A/D変換器により変換されたデジタル信号を入力して、バーシャルレスポンスのクラスに合致した波形に等化する波形等化手段と、データの検出を実行する手段と、波形等化手段の出力を入力とし、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出する手段と、位相誤差勾配をフィルタリングする手段と、フィルタリングされた位相誤差勾配で制御される電圧制御発振器とにより構成され、前記バ

ーシャルレスポンスのクラスは、等化後の理想振幅値のレベルが5ないし7となるように設定され、前記位相誤差の勾配を検出する手段は、波形等化手段の出力を入力として、波形の振幅値を変換する第1および第2の変換器と、第1および第2の変換器の出力をそれぞれ1サンプリング周期遅らせる第1および第2の遅延器と、第1の変換器の出力と第2の遅延器の出力を乗算する第1の乗算器と、第2の変換器の出力と第1の遅延器の出力を乗算する第2の乗算器と、第1の乗算器と第2の乗算器の出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau n$ を出力する加算器とから構成され、第1の変換器は、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、前記第2の変換器は、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、第1の変換器で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、第1の変換器で最大レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力することを特徴とするディスク記憶装置の信号処理回路を提供する。

【0019】また、本発明は、ディスクから読み出した再生信号を検出して復号化する信号処理方法において、等化後の理想振幅値のレベルが5ないし7となるパーシャルレスポンスのクラスに合致した波形にディジタル再生信号を等化するステップと、クロックとサンプリングされたデータとの位相誤差の勾配を検出するステップと、前記位相誤差勾配をフィルタリングするステップと、フィルタリングされた前記位相誤差勾配に応じてチャネルクロックの位相を制御するステップと、前記チャネルクロックに応答して前記クラスに等化した再生信号波形からデータを検出するステップと、検出されたデータを復元するステップとでなり、前記位相誤差の勾配を検出するステップは、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同

じ値を出力して等化波形の振幅値を変換する第1変換ステップと、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第1の変換で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第1の変換で最大レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力して等化波形の振幅値を変換する第2変換ステップと、前記第1および第2の変換により得られる出力をそれぞれ1サンプリング周期遅らせる第1および第2の遅延ステップと、前記第1の変換ステップの出力と前記第2の遅延の出力を乗算する第1乗算ステップと、前記第2の変換の出力と前記第1の遅延の出力を乗算する第2の乗算ステップと、前記第1および第2の乗算ステップで得られる出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau n$ を出力する加算ステップとを含むことを特徴とする信号処理方法を提供する。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

【0021】図1は、本実施形態に係る光ディスク装置の要部を示し、図2は、図1のタイミング制御回路17の一部であり、本実施形態に係る位相誤差勾配を求める回路の構成を示している。

【0022】本実施形態はディスク記憶装置として、記録再生型の光ディスク装置に適用することを想定している。光ディスク装置は、図1に示すように、記録媒体である書き換え可能なディスク1と、光ピックアップ3と、データ再生系と、データ記録系と、ドライブコントローラ12と、インターフェース13とを有する。光ディスク1はスピンドルモータ2により回転駆動される。光ピックアップ3はサーボモータ4により移動調整されて、レーザドライバ15による駆動で光ディスク1にレーザ光を照射し、光学的に情報の記録再生を行う。スピンドルモータ2とサーボモータ4は、ドライブコントローラ12により駆動制御回路14を介して駆動制御される。

【0023】データ記録系は、レーザドライバ15および変調回路16を有する。変調回路16は、ドライブコントローラ12から送出された記録データを所定の符号ビット列に変換する符号化処理を実行する。レーザドライバ15は、変調回路16から出力された符号ビット列に従ったマークをディスク1上に記録するように光ピックアップ3を駆動する。

【0024】データ再生系は、プリアンプ5と、可変利得増幅器(VGA)6と、A/D変換回路7と、等化器8と、データ検出回路10と、デコーダ11とを有する。プリアンプ5とVGA6は光ピックアップ3により読み出された再生信号を増幅する。A/D変換回路7は

増幅された再生信号を離散時間の量子化サンプル値であるディジタル信号に変換する。等化器8は、離散時間の量子化サンプル値であるディジタル信号を、PRクラスに合致した波形に等化する。

【0025】データ検出回路10は、パーシャルレスポンス(PR)の所定のクラスに等化した再生信号波形からデータを検出する最尤(ML)系列推定方式の信号処理回路であり、具体的にはビタビ検出器からなる。

【0026】デコーダ11は、データ検出回路10により検出された符号ビット列をもとのユーザデータに復元する。

【0027】ドライブコントローラ12は、装置のメイン制御装置であり、インターフェース13を介して例えばパーソナルコンピュータと接続し、記録再生データの転送制御を実行する。なお、本装置には、図示していないが映像情報の記録再生に必要な動画圧縮回路、動画伸長回路、およびデコーダ11から出力されたデータの誤り検出訂正処理を行う誤り検出訂正回路も含まれている。

【0028】等化器8の出力は、PLL17の一部である位相誤差勾配検出回路18にも入力される。位相誤差勾配検出回路18の出力は、ループフィルタ19を通して電圧制御発振器(VCO)20に入力され、チャネルクロックの位相を制御する。VCO20の出力は、リカバリされたチャネルクロックとして、A/Dコンバータ7のサンプリングクロックや等化器8、データ検出回路(ML検出器)10の動作クロックとして供給される。

【0029】以後の説明では、このPRML信号処理系のPRクラスは(1, 2, 2, 1)であると仮定する。

【0030】図2を参照して、本発明の位相誤差勾配検出回路18を説明する。位相誤差勾配検出回路18は等化器8の出力を受ける第1および第2の変換器101、102と、第1及び第2の変換器101、102の出力をそれぞれ遅延する第1および第2の遅延器103、104と、第1および第2の乗算器105、106と、加算回路107によって構成される。

【0031】上記構成の位相誤差勾配検出回路18において、n番目のサンプリング周期において位相誤差 $\tau$ でサンプルされた再生信号の振幅値 $Y_n$ を次のように表すものとすると、

$$Y_n(\tau) = Y(nT + \tau)$$

振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力し、出力 $Y_n'$ を出力する第1の変換器101は、

$$Y_n <= 0.5 \text{ の場合, } Y_n' = -2$$

$$0.5 < Y_n <= 5.5 \text{ の場合, } Y_n' = Y_n - 3$$

$$Y_n > 5.5 \text{ の場合, } Y_n' = 2$$

のように、出力値 $Y_n'(\tau)$ を出力する。

【0032】同様に、振幅値 $Y_n(\tau)$ を入力し、出力 $X_n$ を出力する第2の変換器102は、

$$Y_n <= 1.5 \text{ の場合, } X_n = -2$$

1.5 <  $Y_n <= 4.5$  の場合、 $X_n = 0$

$Y_n > 4.5$  の場合、 $X_n = 2$

のように、出力値 $X_n$ を出力する。第1の遅延器103は、第1の変換器101の出力を1サンプリング周期遅らせ、第2の遅延器104は、第2の変換器102の出力を1サンプリング周期遅らせる。第1の変換器101の出力と第2の遅延器104の出力は、第1の乗算器105で掛け合わせて加算器107の一方の入力に加えられる。第2の変換器102の出力と第1の遅延器103の出力は、第2の乗算器106で掛け合わせて加算器107のもう一方の入力に加えられる。加算器107の出力は、位相誤差勾配 $\Delta\tau_n$ になる。

【0033】図3ないし図8を参照して位相誤差勾配検出回路18の作用を具体的に説明する。

【0034】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図3ようであったとする。実線と○で示した点は、位相誤差が0で理想的にサンプリングされる場合を示している。この時、加算器107の出力の位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau) X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau) X_n \\ &= -(1 + \alpha - 3) * (-2) + -2 * (-2) \\ &= +2\alpha \end{aligned}$$

位相誤差 $\tau$ がプラスであれば、 $Y_n'(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 $\tau$ がマイナスであれば、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $-2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。

【0035】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図4のような場合、位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau) X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau) X_n \\ &= -(3 + \alpha - 3) * (-2) + (1 + \beta - 3) * 0 \\ &= +2\alpha \end{aligned}$$

位相誤差 $\tau$ がプラスであれば、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 $\tau$ がマイナスであれば、 $Y_n(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $-2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。

【0036】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図5のような場合、位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau) X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau) X_n \\ &= -(5 + \beta - 3) * 0 + (3 + \alpha - 3) * 2 \\ &= +2\alpha \end{aligned}$$

位相誤差 $\tau$ がプラスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $+2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差 $\tau$ がマイナスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$ の振幅の理想値からのずれに比例した $-2\alpha$ が、位相誤差勾配として検出される。

【0037】 $Y_n(\tau)$ と $Y_{n-1}(\tau)$ が図6のような場合、位相誤差勾配は、

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= -Y_n'(\tau) X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau) X_n \\ &= -(2) * 2 + (5 + \alpha - 3) * 2 \end{aligned}$$

$= + 2 \alpha$

位相誤差  $\tau$  がプラスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$  の振幅の理想値からのはずれに比例した  $+ 2 \alpha$  が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差  $\tau$  がマイナスであれば、 $Y_{n-1}(\tau)$  の振幅の理想値からのはずれに比例した  $- 2 \alpha$  が、位相誤差勾配として検出される。

【0038】書き込みビット列の1が4つ以上連続した場合には、等化後の再生波形は、値6のレベルが連続する。したがって、振幅が変化しないので、この区間で位相誤差勾配を検出するのは不可能である。図2の位相誤差勾配検出回路も  $Y_n' = Y_{n-1}' = 2X_n = X_{n-1} = 2$  となるので、出力は0になる。

【0039】書き込みビット列の0が4つ以上連続した場合には、等化後の再生波形は、値0のレベルが連続する。この場合も、振幅が変化しないのでこの区間で位相誤差勾配を検出するのは不可能である。図2の位相誤差勾配検出回路18も  $Y_n' = Y_{n-1}' = -2X_n = X_{n-1} = -2$  となるので、出力は0になる。

【0040】書き込みビット列の0が3つ連続した場合を図8に示す。この場合、波形はレベル1までしか落ちずに勾配を変える。

【0041】

$$\begin{aligned} \Delta \tau &= -Y_n'(\tau) X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau) X_n \\ &= -(1 - \alpha - 3) * (-2) + (1 + \beta - 3) * (-2) \\ &= -2(\alpha + \beta) \end{aligned}$$

図8のように位相誤差  $\tau$  がマイナス（遅れ）であれば、 $Y_{n-1}(\tau)$  の振幅の理想値からのはずれ  $+\beta$  と、 $Y_n(\tau)$  の振幅の理想値からのはずれ  $-\alpha$  に比例した  $-2(\alpha + \beta)$  が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差  $\tau$  がプラスであれば、 $+2(\alpha + \beta)$  が、位相誤差勾配として検出される。書き込みビット列の1が3つ連続した場合は、波形はレベル5までしか上ががらず勾配を変えるが、0が3つ連続した場合と同様なので説明は省略する。

【0042】波形がマイナスの勾配を持つ場合も同様であるので、図7の場合の例について説明する。

【0043】

$$\begin{aligned} \Delta \tau &= -Y_n'(\tau) X_{n-1} + Y_{n-1}'(\tau) X_n \\ &= -(3 + \alpha - 3) * 2 + (5 + \beta - 3) * 0 \\ &= -2\alpha \end{aligned}$$

この場合、振幅の理想値からのはずれがプラスであるということは、位相が遅れていることになるので、波形がプラスの勾配を持つ場合は符号が反転して  $-2\alpha$  が、位相誤差勾配として検出される。同様に、位相誤差  $\tau$  がプラスであれば、 $Y_n(\tau)$  の振幅の理想値からのはずれに比例した  $+2\alpha$  が、位相誤差勾配として検出される。

【0044】変調符号が RLL (2, 7) のように d 制約が2の場合には以上のパターンしか現れないが、RLL (1, 7) 符号のように d 制約が1の場合には、図9

に示すように、レベル3からレベル2またはレベル4への振幅の変移が現れる。本発明では、この区間は、 $X_n = X_{n-1} = 0$  であるから、位相誤差勾配は0である。この区間は、振幅が小さい為、位相のずれが振幅として現れ難く、S/Nも悪い、また発生頻度も多くないので、このパターンで検出をしなくても性能は劣化しない。d 制約が1以上であれば、1→2、4→5、5→4、2→1、という振幅の変移は現れない。

【0045】以上の説明は、光ディスクの場合で説明したが、本発明は、磁気ディスクのPRML信号処理システムにも応用可能である。磁気ディスクの場合、再生ヘッドの原理上、再生応答波形は、書き込み電流波形の微分系になる。EPR4と呼ばれるクラスは、上記の光ディスクの場合に用いたのと同じ表記法を用いれば (1, 1, -1, -1) である。この場合、振幅レベルは、-2から2までの5レベルである。PR (1, 2, 2, 1) の場合も値を取り得ない、2と4を除けば、5レベルであり、第1の変換器と第2の変換器を以下のように修正すれば、図2と同じ構成で位相誤差勾配を検出できる。図10は、その場合の位相誤差勾配検出回路を示している。

【0046】振幅値  $Y_n(\tau)$  を入力し、出力  $Y_n'$  を出力する第1の変換器101は、  
 $Y_n <= -1, 5$  の場合、 $Y_n' = -1$   
 $-1, 5 < Y_n < 1, 5$  の場合、 $Y_n' = Y_n$   
 $Y_n > 1, 5$  の場合、 $Y_n' = 1$

のように、出力値  $Y_n'(\tau)$  を出力する。

【0047】振幅値  $Y_n(\tau)$  を入力し、出力  $X_n$  を出力する第2の変換器102は、  
 $Y_n <= -0, 5$  の場合、 $X_n = -1$   
 $-0, 5 < Y_n < 0, 5$  の場合、 $X_n = 0$   
 $Y_n > 0, 5$  の場合、 $X_n = 1$

のように、出力値  $X_n$  を出力する。

【0048】以上のように本発明によると、位相誤差の勾配の検出において、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最小レベルとその1つ上のレベルとの中間値から、最大レベルとその1つ下との中間値までの入力値に対しては、入力値に比例し、かつ、中間レベルの入力値が0になるようにオフセットをつけた値を出力し、最大レベルとその1つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては最小レベルより1つ下のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力して等化波形の振幅値を変換する第1変換が行われ、また、最小レベルより1つ上のレベルと2つ上のレベルとの中間値以下の入力値に対しては、前記第1の変換で最小レベルより1つ上のレベルの値が入力された場合と同じ値を出力し、最大レベルより1つ下のレベルと2つ下のレベルとの中間値以上の入力値に対しては、前記第1の変換で最大レベルより1つ下のレベルの

値が入力された場合と同じ値を出力し、それ以外の入力値に対しては0を出力して等化波形の振幅値を変換する第2変換が行われる。第1および第2の変換により得られる出力は1サンプリング周期遅延する第1および第2の遅延処理にそれぞれかけられる。更に、第1の変換の出力と第2の遅延の出力を乗算する第1乗算処理および第2の変換の出力と第1の遅延の出力を乗算する第2の乗算処理並びに第1および第2の乗算ステップで得られる出力を加算して、位相誤差勾配 $\Delta \tau_n$ を出力する加算処理が行われる。

## 【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、等化後の振幅レベルが5~7値になるPRクラスにおいても、離散時間でサンプルされた振幅値から位相誤差勾配を検出できるため、タイミングリカバリのためにデータ検出検出系と別の回路を設けずに、データ検出系のPR等化器の出力でPLLを駆動することができる。従って、波形干渉が大きく現れるような高記録密度で記録を行う記憶装置において、より干渉量の大きなPRクラスを使用しても、データに安定に同期したクロックが供給されることにより、データ検出誤り率を低く抑え、高容量で高信頼性が得られる記憶装置を提供することが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実形態に係るPRML信号処理方式の光ディスク装置のブロック図

【図2】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出回路の構成を示すブロック図。

【図3】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

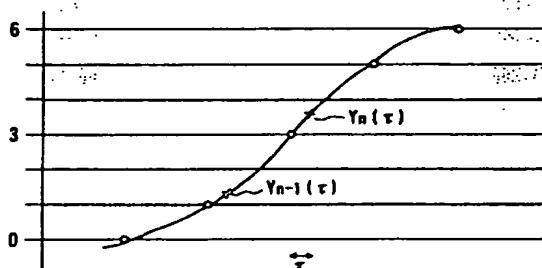
【図4】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図5】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

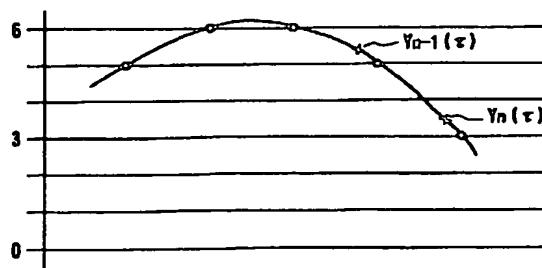
【図6】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図7】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図4】



【図7】



【図8】本発明の実形態に係る位相誤差勾配検出方法を説明する波形。

【図9】PRML方式に基づいて得られる信号のタイミングチャート

【図10】本発明の他の実形態に係る位相誤差勾配検出回路の構成を示すブロック図。

【図11】光ディスク装置から得られる信号のタイミングチャート

【図12】光ディスク装置の再生回路の回路図

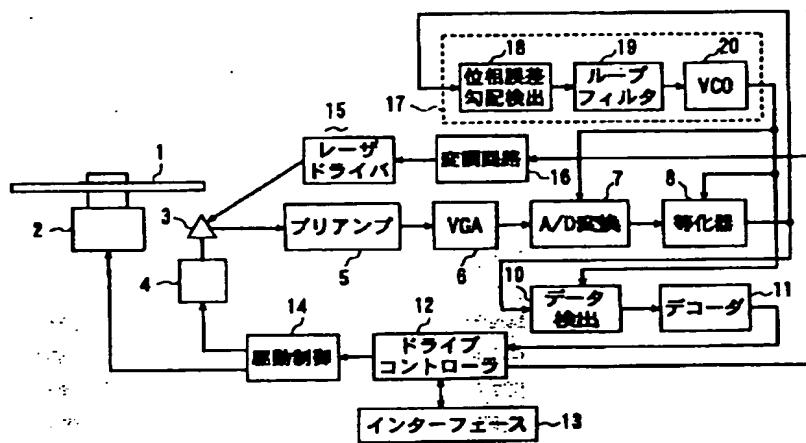
【図13】PRML方式に基づいて得られる信号のタイミングチャート

【図14】PRML方式に基づいて得られる信号のタイミングチャート

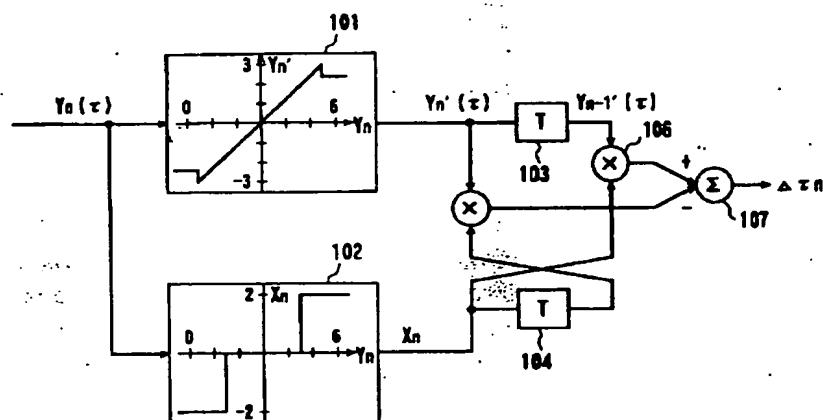
## 【符号の説明】

- 1…記録媒体
- 2…スピンドル・モータ
- 3…光ピックアップ
- 4…サーボモータ
- 5…ブリアンプ
- 6…可変利得増幅器
- 7…A/Dコンバータ
- 8…等化器
- 10…データ検出器
- 11…デコーダ
- 12…ドライブコントローラ
- 13…インターフェース
- 14…駆動制御回路
- 15…レーザドライバ
- 16…変調回路
- 17…位相誤差勾配検出器
- 18…PLL
- 101…第1の変換器
- 102…第2の変換器
- 103…第1の遅延器
- 104…第2の遅延器
- 105…第1の乗算器
- 106…第2の乗算器
- 107…加算器

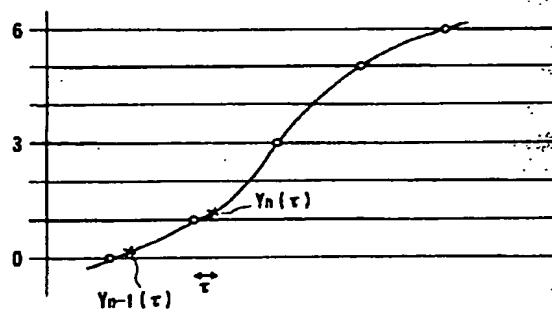
【図1】



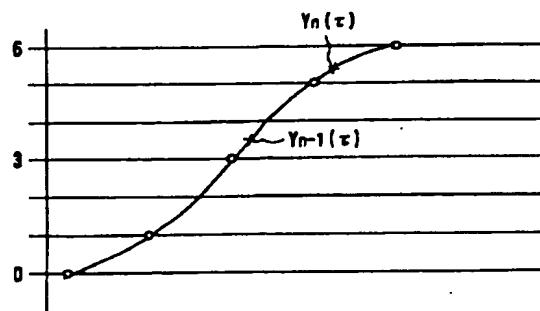
【図2】



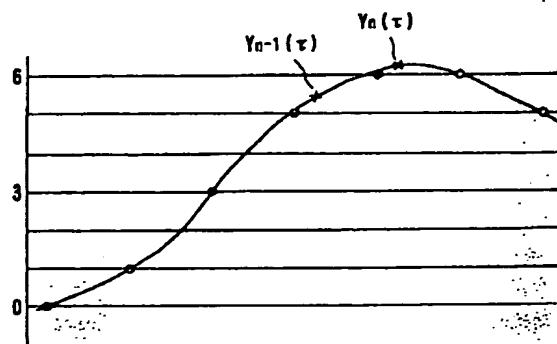
【図3】



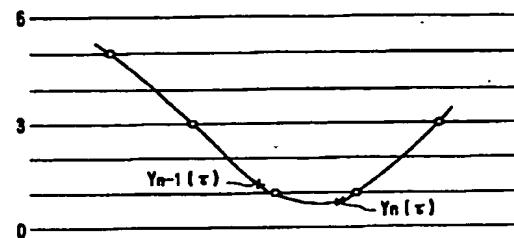
【図5】



【図6】



【図8】



【図9】

(a) 亂れ符号 ..... 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0

(b) 書込み信号

(c) 書込みビット列 1 1 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0

(d) 応答波形

(e) 応答波形の重ね合わせ

(f) 再生波形

【図11】

(a) 亂れ符号 ..... 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1

(b) 書込み信号

(c) マーク

(d) 再生信号

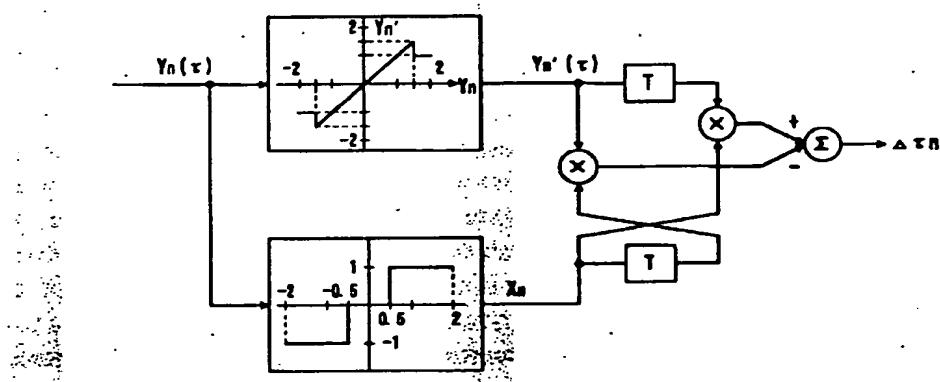
(e) 微分波形

(f) 検出ワンドウ

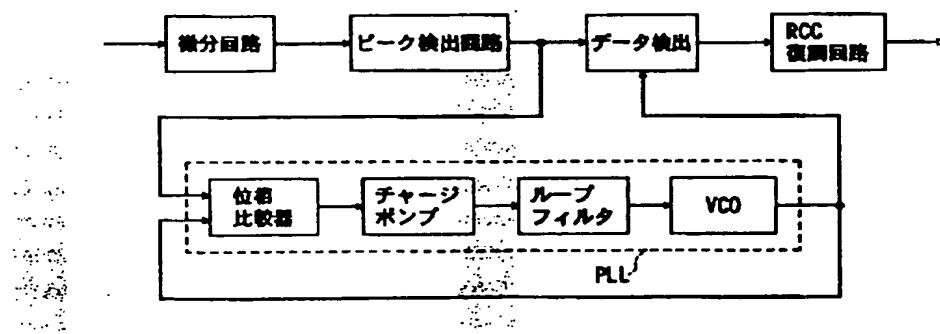
(g) 分類知力

(h) 検出データ 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1

【図10】



【図12】



〔图13〕

(w) BII 符号 ---10010001000010010---

(b) 寄込み信号

(c) 書込みビット列

(d) 応答波形

(e) 応答波形の重ね合わせ

0 0 1 2 2 1	1 2 2 1	1 2 2 1
1 2 2 1	1 2 2 1	1 2 2 1
1 2 2 1	1 2 2 1	1 2 2 1

(f) 再生波形

[図14]

(b) 寄込み信号

(c) 寄込みビット列

1110001110001110

(d) 応答波形

(e) 応答波形の 重ね合わせ
0 0 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1
1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1
1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1
0 0 1 3 5 5 3 1 1 3 5 5 3 1 1 3 5 5 3 1

(f) 再生波形

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.